

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2001268144 A**(43) Date of publication of application: **28.09.01**

(51) Int. Cl.

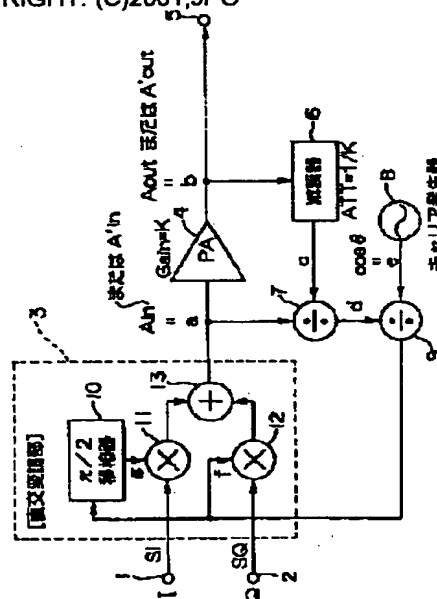
H04L 27/20**H03F 1/02****H03F 1/32****H03F 3/24****H04B 1/04**(21) Application number: **2000071208**(22) Date of filing: **14.03.00**(71) Applicant: **SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD**(72) Inventor: **NAGASAKA HIROYUKI****(54) CIRCUIT AND METHOD FOR COMPENSATING NONLINEAR DISTORTION****(57) Abstract**

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a circuit and a method for compensating nonlinear distortion with which the circuit scale of a transmitter can be made smaller and current consumption can be reduced as well.

SOLUTION: The nonlinear distortion compensating circuit of the transmitter having a quadrature modulation part 3 for applying quadrature modulation to I and Q baseband signals and a power amplifier 4 for amplifying the output power of the quadrature modulation part is provided with an attenuator 6 for attenuating the output of the power amplifier with an attenuation rate which is the inverse of an amplification factor in the power amplifier, a first divider 7 for dividing the output of the attenuator by the input signal of the power amplifier, a carrier generator 8 for generating a carrier signal and a second divider 9 for dividing the carrier signal generated by the carrier generator by the output of the first divider. The

quadrature modulation part is constituted to apply quadrature modulation to the I and Q baseband signal with the output signal of the second divider.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO



(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-268144

(P2001-268144A)

(43) 公開日 平成13年9月28日 (2001.9.28)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	FI	キーワード (参考)
H04L 27/20		H04L 27/20	A 5J090
H03F 1/02		H03F 1/02	5J091
	1/32	1/32	5J092
	3/24	3/24	5K004
H04B 1/04		H04B 1/04	R 5K060
審査請求 未請求 請求項の数9 OL (全8頁)			

(21) 出願番号 特願2000-71208(P2000-71208)

(22) 出願日 平成12年3月14日 (2000.3.14)

(71) 出願人 390019839

三星電子株式会社

大韓民国京畿道水原市八達区梅蔭洞416

(72) 発明者 長坂 浩行

神奈川県横浜市鶴見区菅沢町2-7 株式

会社サムスン横浜研究所 電子研究所内

(74) 代理人 100064908

弁理士 志賀 正武

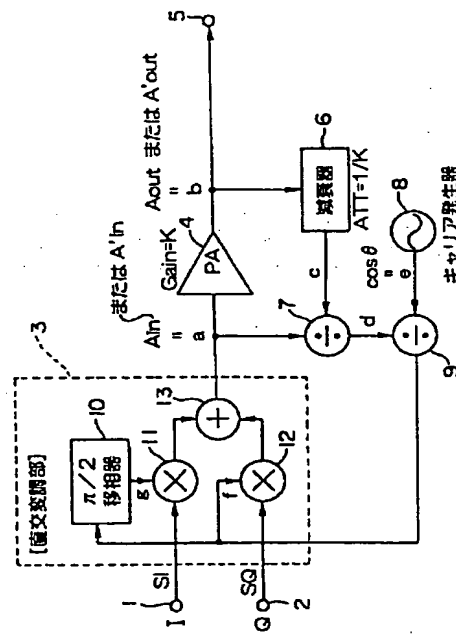
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 非線形歪み補償回路および非線形歪み補償方法

(57) 【要約】

【課題】 送信装置の回路規模を小さくすることができ、また、消費電流も小さくすることができる歪み補償回路および歪み補償方法を提供する。

【解決手段】 I、Qベースバンド信号を直交変調する直交変調部3と、直交変調部の出力を電力増幅する電力増幅器4とを有する送信機の非線形歪み補償回路に、電力増幅器の出力を、電力増幅器における増幅率の逆数の減衰率で減衰させる減衰器6と、減衰器の出力を、電力増幅器の入力信号で除算する第1の除算器7と、キャリア信号を発生するキャリア発生器8と、キャリア発生器が発生するキャリア信号を第1の除算器の出力で除算する第2の除算器9とを設け、直交変調部は、第2の除算器の出力信号で、I、Qベースバンド信号を直交変調するように構成した。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 Iベースバンド信号およびQベースバンド信号を直交変調する直交変調部と、この直交変調部の出力を電力増幅する電力増幅器とを有する送信機の非線形歪み補償回路であって、前記電力増幅器の出力を、電力増幅器における増幅率の逆数の減衰率で減衰させる減衰器と、この減衰器の出力を、前記電力増幅器の入力信号で除算する第1の除算器と、キャリア信号を発生するキャリア発生器と、このキャリア発生器が発生するキャリア信号を前記第1の除算器の出力で除算する第2の除算器とを有し、前記直交変調部は、前記第2の除算器の出力信号で、Iベースバンド信号およびQベースバンド信号を直交変調することを特徴とする非線形歪み補償回路。

【請求項2】 前記直交変調部は、前記第2の除算器の出力信号を、Iベースバンド信号およびQベースバンド信号に乗算することを特徴とする請求項1に記載の非線形歪み補償回路。

【請求項3】 前記直交変調部の出力端には、この直交変調部から出力される信号を、前記電力増幅器の入力端と、前記第1の除算器の入力端とに分岐させる第1の分岐手段が設けられ、前記電力増幅器の出力端には、この電力増幅器から出力される信号を、送信装置の出力端子と、前記減衰器の入力端とに分岐させる第2の分岐手段が設けられていることを特徴とする請求項1または2に記載の非線形歪み補償回路。

【請求項4】 前記第1の分岐手段および第2の分岐手段は、方向性結合器であることを特徴とする請求項3に記載の非線形歪み補償回路。

【請求項5】 前記第1の分岐手段および第2の分岐手段は、分配器であることを特徴とする請求項3に記載の非線形歪み補償回路。

【請求項6】 前記第1の分岐手段と、前記第1の除算器との間には、前記電力増幅器を信号が通過する際に生じる位相遅延分を調整する遅延回路が設けられていることを特徴とする請求項3ないし5のいずれかに記載の非線形歪み補償回路。

【請求項7】 前記減衰器は、この減衰器における減衰率が可変とされていることを特徴とする請求項1ないし6のいずれかに記載の非線形歪み補償回路。

【請求項8】 前記電力増幅器の出力から歪み成分を検出する歪み成分検出器と、この歪み成分検出器の出力を検波する検波器とを有し、前記減衰器は、前記検波器の出力に応じて減衰率を変化させることを特徴とする請求項7に記載の非線形歪み補償回路。

【請求項9】 Iベースバンド信号およびQベースバンド信号を直交変調する直交変調過程と、直交変調した信

号を電力増幅する電力増幅過程とを有する送信機の非線形歪み補償方法であって、

前記電力増幅された信号を、電力増幅における増幅率の逆数の減衰率で減衰させる過程と、

減衰された信号を、前記電力増幅前の信号で除算する第1の除算過程と、

キャリア信号を発生する過程と、

このキャリア信号を前記第1の除算過程での除算結果で除算する第2の除算過程とを有し、

前記直交変調過程においては、前記第2の除算過程での除算結果で、Iベースバンド信号およびQベースバンド信号を直交変調することを特徴とする非線形歪み補償方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ディジタル変調方式を用いた移動体通信システム等に用いられる送信装置の歪み補償回路および歪み補償方法に関する。

【0002】

【従来の技術】ディジタル変調方式を用いた移動体通信システムでは、移動端末機における送信装置の省電力化を図るため、この送信装置内の電力増幅器に、高効率のものをを用いることが多い。ところが、高効率の電力増幅器を用いると、この電力増幅器で非線形歪みが発生しやすくなり、非線形歪みが発生すると、送信装置の送信スペクトラムが広がり、隣接チャネルへの干渉等の問題が発生する。そこで、このような送信装置には、電力増幅器の非線形歪みを補償する回路が付加されることがある。

【0003】図5は、上述した、電力増幅器の非線形歪みを補償する回路が付加された送信装置の一従来例のブロック図である。この送信装置100には、プリディストーション式の非線形歪み補償回路121が付加されている。この非線形歪み補償回路121は、あらかじめ、Iベースバンド信号およびQベースバンド信号に、後段の電力増幅器109で生じる非線形歪みとは逆特性の歪みを加えておき、電力増幅器109で生じる非線形歪みを相殺するものである。

【0004】この送信装置100の構成を説明する。送信装置100は、Iベースバンド信号が入力される入力端子101と、Qベースバンド信号が入力される入力端子102と、プリディストーション式の非線形歪み補償回路121と、D/Aコンバータ106、107と、直交変調器108と、電力増幅器109と、送信用のRF信号が出力される出力端子110とを備える。

【0005】入力端子101および102は、非線形歪み補償回路121に接続されている。非線形歪み補償回路121は、歪み補償演算部103と、電力計算器104と、補償データテーブル105とを備える。電力計算部104は、入力端子101および102から入力され

るベースバンド信号の電力値を計算する。補償データテーブル105には、ベースバンド信号の各電力値に応じた補償データが、テーブルとして記憶されている。歪み補償演算部103は、乗算器111、112、113、114と、減算器115と、加算器116とを備える。

【0006】このような構成の送信装置100における電力増幅器109の非線形歪みを補償する動作を説明する。非線形歪みを有する電力増幅器109の入出力特性は、この電力増幅器109へ入力される入力信号を S_{in} 、この電力増幅器109から出力される出力信号を S_{out} とすると、下記の(11)式のように表される。

$$S_{out} = A \cdot g(p) \cdot e^{jq(p)} \cdot S_{in} \quad \dots (11)$$

ただし、 p はベースバンド信号の電力値、 A は電力増幅器317の利得のうちの線形の部分、 $g(p)$ は電力増幅器109での振幅の非線形歪み(電力増幅器109の振幅の非線形歪みがなく、線形であれば、この $g(p)$ の値は1と

$$S_{out} = (e^{-jq(p)} / g(p)) \cdot A \cdot g(p) \cdot e^{jq(p)} \cdot S_{in} = A \cdot S_{in} \quad \dots (13)$$

すなわち、電力増幅器109の出力信号 S_{out} として、入力信号 R_{in} を線形増幅した値が得られる。

【0009】なお、補償データテーブル105には、補償ベクトルの同相成分である補償データ CI と、補償ベクトルの直交成分である補償データ CQ とが、ベースバンド信号の電力値 p に対応付けられたテーブルとして格納されている。この補償データ CI および補償データ CQ は、下記の以下の(14)式および(15)式で表される。

$$CI = \cos(q(p)) / g(p) \quad \dots (14)$$

$$CQ = -\sin(q(p)) / g(p) \quad \dots (15)$$

ただし、上式の電力値 p は、電力計算器104で計算される。

【0010】ここで、歪み補償演算部103内部の詳細な動作を説明する。入力端子101から入力されるIベースバンド信号を I_{in} 、入力端子102から入力されるQベースバンド信号を Q_{in} とし、歪み補償演算部103の出力を、それぞれ I_{out} 、 Q_{out} とすると、歪み補償演算部103での演算は、下記の(16)式および(17)式で表される。

$$I_{out} = CI \cdot I_{in} - CQ \cdot Q_{in} \quad \dots (16)$$

$$Q_{out} = CQ \cdot I_{in} + CI \cdot Q_{in} \quad \dots (17)$$

すなわち、歪み補償演算部103において、補償データ CI を、乗算器111でベースバンド信号 I_{in} に乗算し、乗算器114でベースバンド信号 Q_{in} に乗算すると共に、補償データ CQ を、乗算器112でベースバンド信号 I_{in} に乗算し、乗算器113でベースバンド信号 Q_{in} に乗算する。

【0011】そして、減算器115によって、乗算器111から得られる乗算結果から、乗算器112から得られる乗算結果を減算すると共に、加算器116によって、乗算器113から得られる乗算結果と、乗算器114から得られる乗算結果とを加算する。

【0012】これらの減算結果 I_{out} および加算結果 Q_{out}

なる)、 $q(p)$ は電力増幅器109での位相回転量である。

【0007】上記の歪みを補償するため、歪み補償演算部103で、Iベースバンド信号およびQベースバンド信号に、電力増幅器109の入出力特性の逆特性をもつ補償ベクトル $e^{-jq(p)} / g(p)$ が複素乗算される。歪み補償演算部103の入力信号を R_{in} 、出力信号を R_{out} とすると、歪み補償演算部103の入出力関係は、下記の(12)式のように表される。

$$R_{out} = e^{-jq(p)} / g(p) \cdot R_{in} \quad \dots (12)$$

【0008】歪み補償演算部103の出力信号 R_{out} が、D/Aコンバータ106、107、直交変調器108を介して、電力増幅器109の入力信号 S_{in} となるので、歪み補償演算部103の入力信号 R_{in} と、電力増幅器109の出力信号 S_{out} との関係は、下記の(13)式のように表される。

は、D/Aコンバータ106および107でアナログ信号に変換され、直交変調器316で直交変調され、電力増幅器109で電力増幅される。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記の送信装置においては、歪み補償演算部103で、Iベースバンド信号およびQベースバンド信号を、高い周波数のクロックによってサンプリングし、高速で複雑なデジタル演算を行う必要があるため、この歪み補償演算部103の回路規模が大きくなり、また、消費電流も大きくなる。また、電力計算器104で、四則演算を行う回路のみではなく、2乗をとる回路が必要になるので、この電力計算器104の回路規模が大きくなり、また、消費電流も大きくなる。さらに、補償データテーブル105を記憶するための記憶手段が必要になる。従って、送信装置全体の回路規模が大きくなり、また、消費電流も大きくなるという問題がある。

【0014】また、上記の非線形歪み補償回路121は、電力増幅器109の非線形特性をあらかじめ測定しておき、この測定結果を用いて補償データをテーブル化し、ベースバンド信号の電力に応じて、このテーブルを参照するものであるため、電力増幅器109の特性のばらつきや温度変化等により、性能が低下しやすいという問題もある。

【0015】この問題を解決するために、図6に示す送信装置120のように、電力増幅器109の出力信号を分岐手段117で分岐させ、直交復調器118で直交復調し、補償データ演算部119にフィードバックをかけ、フィードバックされた情報に応じた係数を、補償データ演算部119内の補償データテーブル105のデータに乘算して補正をかける回路もある。

【0016】しかし、上記のいずれの回路であっても、送信装置の回路規模が大きくなり、また、消費電流も大

きくなるという問題は解決されていない。

【0017】本発明は、上記の問題を解決するためになされたもので、送信装置の回路規模を小さくすることができ、また、消費電流も小さくすることができる歪み補償回路および歪み補償方法を提供するものである。

【0018】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明は、Iベースバンド信号およびQベースバンド信号を直交変調する直交変調器と、この直交変調器の出力を電力増幅する電力増幅器とを有する送信機の前記歪み補償回路であって、前記電力増幅器の出力を、電力増幅器における増幅率の逆数の減衰率で減衰させる減衰器と、この減衰器の出力を、前記電力増幅器の入力信号で除算する第1の除算器と、キャリア信号を発生するキャリア発生器と、このキャリア発生器が発生するキャリア信号を前記第1の除算器の出力で除算する第2の除算器とを有し、前記直交変調部は、前記第2の除算器の出力信号で、Iベースバンド信号およびQベースバンド信号を直交変調することを特徴とする非線形歪み補償回路である。

【0019】請求項2に記載の発明は、前記直交変調部は、前記第2の除算器の出力信号を、Iベースバンド信号およびQベースバンド信号に乗算することを特徴とする請求項1に記載の非線形歪み補償回路である。

【0020】請求項3に記載の発明は、前記直交変調部の出力端には、この直交変調部から出力される信号を、前記電力増幅部の入力端と、前記第1の除算器の入力端とに分岐させる第1の分岐手段が設けられ、前記電力増幅器の出力端には、この電力増幅器から出力される信号を、送信装置の出力端子と、前記減衰器の入力端とに分岐させる第2の分岐手段が設けられていることを特徴とする請求項1または2に記載の非線形歪み補償回路である。

【0021】請求項4に記載の発明は、前記第1の分岐手段および第2の分岐手段は、方向性結合器であることを特徴とする請求項3に記載の非線形歪み補償回路である。

【0022】請求項5に記載の発明は、前記第1の分岐手段および第2の分岐手段は、分配器であることを特徴とする請求項3に記載の非線形歪み補償回路である。

【0023】請求項6に記載の発明は、前記第1の分岐手段と、前記第1の除算器との間には、前記電力増幅器を信号が通過する際に生じる位相遅延分を調整する遅延回路が設けられていることを特徴とする請求項3ないし5のいずれかに記載の非線形歪み補償回路である。

【0024】請求項7に記載の発明は、前記減衰器は、この減衰器における減衰率が可変とされていることを特徴とする請求項1ないし6のいずれかに記載の非線形歪み補償回路である。

【0025】請求項8に記載の発明は、前記電力増幅器

の出力から歪み成分を検出する歪み成分検出器と、この歪み成分検出器の出力を検波する検波器とを有し、前記減衰器は、前記検波器の出力に応じて減衰率を変化させることを特徴とする請求項7に記載の非線形歪み補償回路である。

【0026】請求項9に記載の発明は、Iベースバンド信号およびQベースバンド信号を直交変調する直交変調過程と、直交変調した信号を電力増幅する電力増幅過程とを有する送信機の前記歪み補償方法であって、前記電力増幅された信号を、電力増幅における増幅率の逆数の減衰率で減衰させる過程と、減衰された信号を、前記電力増幅前の信号で除算する第1の除算過程と、キャリア信号を発生する過程と、このキャリア信号を前記第1の除算過程での除算結果で除算する第2の除算過程とを有し、前記直交変調過程においては、前記第2の除算過程での除算結果で、Iベースバンド信号およびQベースバンド信号を直交変調することを特徴とする非線形歪み補償方法である。

【0027】上記構成によれば、電力増幅器で発生する非線形歪みの逆特性によってキャリアを歪ませるので、電力増幅器で発生する非線形歪みがキャンセルされる。さらに、このような非線形歪みをキャンセルする動作を、複雑なデジタル演算処理なしで行うことができるので、非線形歪み補償回路を小規模な回路とすることができ、また、非線形歪み補償回路の消費電流を小さくすることができる。

【0028】

【発明の実施の形態】まず、本発明の原理を図1に示す原理図を参照して説明する。入力端子1から入力されるIベースバンド信号および入力端子2から入力されるQベースバンド信号は、直交変調部3で直交変調され、電力増幅器4で増幅され、出力端子5から出力される。増幅後の信号bを分岐し、減衰器6で、電力増幅器4での増幅率Kと同じ率すなわち減衰率1/Kで減衰させ、除算器7において、減衰された信号cを、増幅前の信号aで除算する。さらに、その除算結果 $d = c/a$ で、キャリア発生器8で発生させたキャリア信号eを除算する。そして、直交変調部3で、除算されたキャリア信号fを用いてベースバンド信号を直交変調する。なお、直交変調部3は、 $\pi/2$ 移相器10、乗算器11、12、加算器13を内蔵している。

【0029】次に、上記構成の動作を説明する。直交変調器3に入力されるIベースバンド信号をSI、Qベースバンド信号をSQ、直交変調器3から出力され、電力増幅器4へ入力される信号aをAinとし、キャリア発生器8から出力される信号eを $\cos \theta$ （簡略のため、振幅は1とする）とすると、下記の(1)式が成り立つ。

$$A_{in} = SI \cdot \cos \theta + SQ \cdot \sin \theta \quad \cdots (1)$$

【0030】電力増幅器4での増幅における非線形歪み特性Dは、振幅歪み特性 $\alpha(x)$ と位相歪み特性

3 (2) (ただし、 x は A_{in} の電力)の相乗と考えられるので、非線形歪みを含んだ電力増幅器4の入出力特性は、電力増幅器4の線形増幅率を K とすると、 $K \cdot D = K \cdot (\alpha(x) \cdot e^{j\phi(x)})$ である。従って、電力増幅器4の出力信号 b を A_{out} とすると、この A_{out} は、下記の(2)式で表される。

$$A_{out} = K \cdot D \cdot A_{in} \quad \dots (2)$$

【0031】減衰器6の減衰率を $1/K$ とすると、この減衰器6の出力信号 c は $D \cdot A_{in}$ となり、さらに信号 d は $D \cdot A_{in}/A_{in} = D$ となつて、電力増幅器4の歪み特性 D のみが抽出される。

【0032】さらに、この信号 d でキャリア信号 e を除算すれば、信号 f は $1/D \cdot \cos \theta$ となり、信号 g は $1/D \cdot \sin \theta$ となる。信号 f とIベースバンド信号 SI とが、乗算器11によって乗算され、信号 g とQベースバンド信号 SQ とが、乗算器12によって乗算され、これらの乗算結果が、加算器13によって加算されるので、フィードバックによって歪みが補正された状態での信号 a を A'_{in} とすると、この A'_{in} は、下記の(3)式によって表される。

$$A'_{in} = SI/D \cdot \cos \theta + SQ/D \cdot \sin \theta = A_{in}/D \quad \dots (3)$$

すると、歪みが補正された状態での信号 b を A'_{out} とすると、この A'_{out} は、上記(3)式および(2)式より、下記の(4)式となる。

$$A'_{out} = K \cdot D \cdot A'_{in} = K \cdot D \cdot A_{in}/D = K \cdot A_{in} \quad \dots (4)$$

すなわち、電力増幅器4の出力信号 A'_{out} からは、歪み特性 D が除去される。

【0033】次に、図2を参照し、本発明の第1実施形態を説明する。ただし、以下の説明において、本発明の原理で説明した構成と同一の構成には同一の符号を付し、その説明を省略するものとする。直交変調部3の出力端子と、電力増幅器4の入力端子との間の分岐点には、分岐手段14が設けられる。また、電力増幅器4の出力端子側の分岐点にも、分岐手段15が設けられる。これらの分岐手段14、15は、具体的には、方向性結合器または分配器で構成される。方向性結合器は、送信信号から取り出す電力を必要最小限とし、送信信号の電力損失を必要最小限とするために用いられる。

【0034】また、前記分岐手段14と、除算器7との間には、遅延回路17が設けられる。この遅延回路17は、正確な歪み補償を行うため、電力増幅器4で生じる位相遅延分を調整するための回路である。さらに、減衰器を可変減衰器16として、減衰率を調整可能とし、電力増幅器4の増幅率が変動した場合に、これに合わせて減衰率を調整することを可能としている。

【0035】また、前記除算器7、9の内部回路を図3に示す。入力端子18から入力された一方の入力信号が、対数変換器20で対数に変換され、入力端子19から入力された他方の入力信号が、もう一つの対数変換器21で対数に変換される。これらの変換結果が、減算器

22へ送られ、両者の差がとられ、この差が、逆対数変換器23で、もとに戻され、出力端子24から出力される。

【0036】次に、図4を参照し、本発明の第2実施形態を説明する。ただし、以下の説明において、本発明の原理または第1実施形態で説明した構成と同一の構成には同一の符号を付し、その説明を省略するものとする。

【0037】本実施形態には、第1実施形態の構成に加えて、歪み成分を検出するための分岐手段25、歪み成分検出器26、検波器27が設けられている。検波器27の出力が、可変減衰器28に入力され、歪み成分が最小となるように減衰率が調整されるので、自動的に最適な歪み補償が行われる。

【0038】なお、上記各実施形態における歪み補償回路は、アナログ回路で構成することが可能であると共に、デジタル回路で構成することも可能である。

【0039】

【発明の効果】本発明によれば、複雑で大規模なデジタル演算回路を用いずに、電力増幅器の非線形歪みを補償することができるので、送信装置の回路規模を小さくすることができ、また、消費電流も小さくすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の原理図。

【図2】 本発明の第1実施形態の構成図。

【図3】 除算器の内部構成図。

【図4】 本発明の第2実施形態の構成図。

【図5】 電力増幅器の非線形歪みを補償する回路が付加された送信装置の一従来例のブロック図。

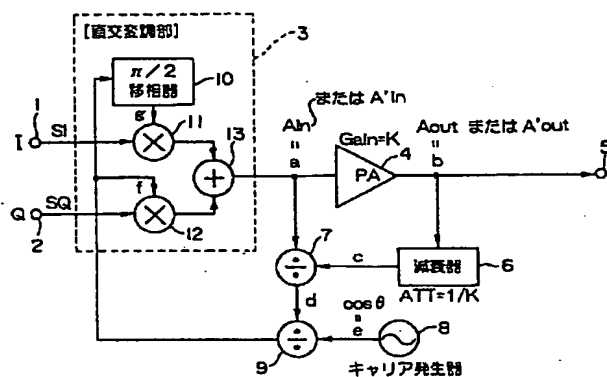
【図6】 電力増幅器の非線形歪みを補償する回路が付加された送信装置の別の従来例のブロック図。

【符号の説明】

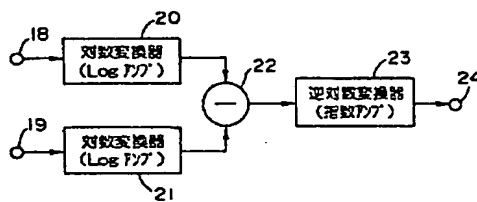
1、2 入力端子	3 直交変調部
4 電力増幅器	5 出力端子
6 減衰器	7 除算器(第1の除算器)
8 キャリア発生器	9 除算器(第2の除算器)
10 $\pi/2$ 移相器	11、12 乗算器
13 加算器	14、15 分岐手段
16 可変減衰器	17 遅延回路
18、19 入力端子	20、21 対数変換器
22 減算器	23 逆対数変換器
24 出力端子	25 分岐手段
26 歪み成分検出器	27 検波器
28 可変減衰器	
100 送信装置	101、102 入力端子

- | | | | |
|--------------------------|-----------|------------------|-------------------|
| 103 歪み補償演算部 | 104 電力計算器 | 115 減算器 | 117 分岐手段 |
| 105 補償データテーブル
/Aコンバータ | 106、107 D | 118 直交復調器
演算部 | 119 補償データ |
| 108 直交変調器 | 109 電力増幅器 | 120 送信装置 | 121 非線形歪み
補償回路 |
| 110 出力端子
算器 | 111~114 乗 | | |

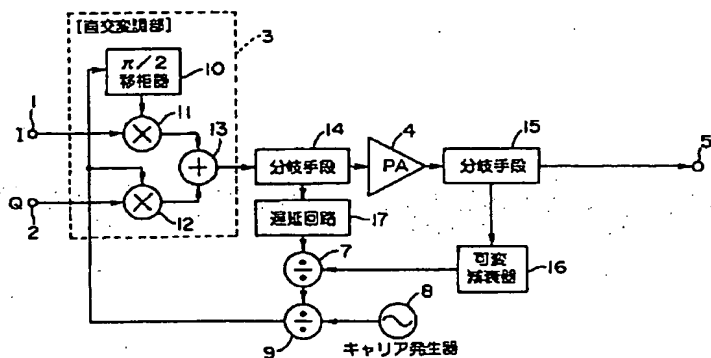
【図1】



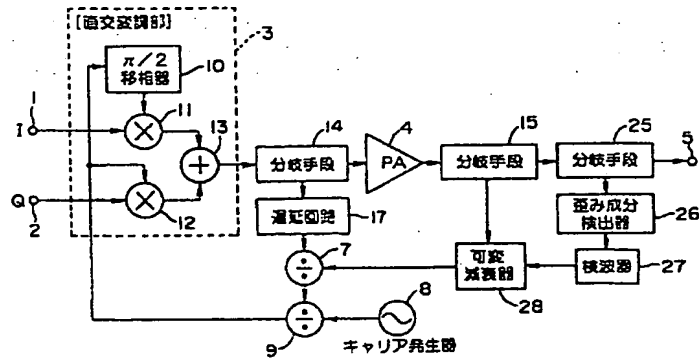
【図3】



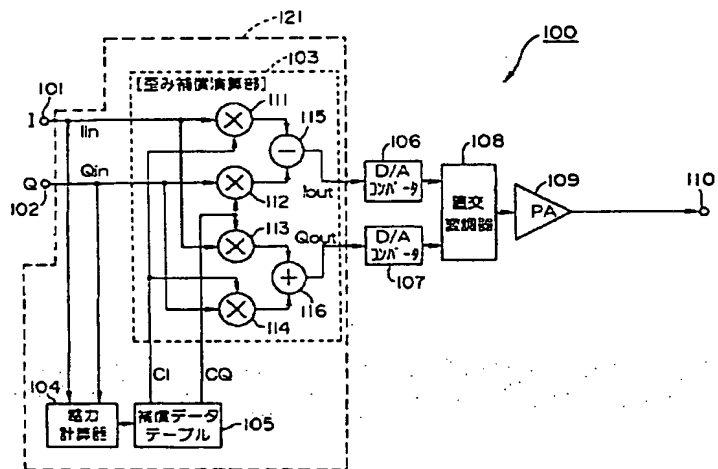
【図2】



【図4】



【図5】



【図6】